

学校编码: 10384

分类号____密级____

学 号: 19920101152739

UDC_____

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

冲床自动上下料系统的研究

Research of Automatic Loading and Unloading
System for Punch Press

指导教师姓名: 吴德会

专 业 名 称: 机械工程

论文提交日期: 2013 年 6 月

论文答辩时间: 2013 年 6 月 8 日

学位授予日期:

答辩委员会主席: _____

评 阅 人: _____

2013 年 6 月

厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下,独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果,均在文中以适当方式明确标明,并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范(试行)》。

声明人(签名):

年 月 日:

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

（ ） 1.经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，
于 年 月 日解密，解密后适用上述授权。

（ ☒ ） 2.不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）：

年 月 日

摘要

冲床作为一种材料成型设备，在机械加工领域占有重要的地位。利用冲床所生产的热模锻件具有机械性能好、材料损耗少、生产效率高等特点，其产品被广泛的应用于汽车、船舶、航空等工业领域。然而热模锻件的上下料普遍采用人工操作，生产环境极其恶劣并具有一定的危险性。随着劳动力的短缺和劳动成本的提高，企业对于实现冲床自动上下料的需求变得越来越迫切。目前，所研究的热锻自动化辅助设备技术水平要求和成本均超过一般企业能够接受的范围。因此研究一种具有普遍适用性的自动上下料系统显得尤其有意义。

本文在研究分析了冲床自动上下料系统的研究成果、热模锻件成型工艺和生产要求的基础上，确定了冲床自动上下料系统的基本设计思路。设计了一种以气缸作为执行元件驱动双夹板来实现一次多件同步夹取的自动上下料机构。经过综合论证，选用了 PLC 进行系统控制。

接着，从系统方案入手，按照模块化设计的方法，对夹紧机构、抬升机构、送料机构及执行元件等关键部件进行了详细设计、计算和分析。利用 Pro/E 对整个自动上下料机构进行了三维建模和相关部件的模拟仿真，并重点对一些影响系统精度的因素进行了分析、计算。通过对系统功能分析和 I/O 口计算，选择了西门子 PLC S7-200 系列中的 CPU222 和扩展模块 EM 223 CN 作为系统的控制核心。在进行流程图设计的基础上，利用梯形图的形式编写了自动上下料系统的控制程序。

最后，对所设计的样机进行了模拟实验，验证了本设计方案的可行性。

关键词：上下料；冲床； PLC

Abstract

Punch as a material forming equipment, occupying an important position in the field of machining. The heat die forgings with good mechanical properties, less material loss, high production efficiency which is produced by the punch. Its products are widely used in automotive, shipping, aviation and other industries. However, the loading and unloading of hot die forgings mainly by manual operation, Production environment is extremely harsh and has a certain degree of risk. With the rapidly running down of labour force and higher labour cost, to be automatic for the loading and unloading of the punch is more pressing than ever before from the enterprises' perspective. Currently, the researching automatic auxiliary equipment for heat forging, its technical level requirement and production capacity had exceeded the average enterprises' acceptability. Therefore, the objective of providing a generally and universally applicable automatic loading and unloading become particularly meaningful.

In this paper, on the basis of analysis of punch automatic loading and unloading system、the process of hot forging and production requirements, determining basic design ideas for automatic loading and unloading system of punch. The design of automatic loading and unloading mechanism that can use cylinder actuator drive double clamping plate to achieve a multi-synchronous gripping. After a comprehensive evaluation, the PLC system control has been chosen.

According to design blueprint, utilizing modular design method, have designed、calculated and analyzed the clamping mechanism, the elevating mechanism, the feeding mechanism and the implementation of components and other key components detailedly. The three-dimensional model of entire automatic loading and unloading mechanism is built and the simulation of related components by Pro / E, also focus on the calculation and analyze the number of factors that might affect the precision of the system. Through the analysis of the system function and I/O calculation, had selected Siemens PLCS7-200 series CPU222 and expansion modules EM 223 CN as the control core of the system. on the basis of flowchart

design, using ladder chart to write control program for automatic loading and unloading system .

Finally, implement the simulation experiment of the prototype to verify the feasibility and practicality of the design.

Keywords: Loading and unloading; Punch; PLC;

目 录	
第一章 绪论	1
1.1 热锻生产现状.....	1
1.2 课题研究的目的和意义.....	2
1.3 本课题的研究现状.....	5
1.4 研究论文框架及其主要内容工作	9
第二章 冲床自动上下料系统整体方案设计	11
2.1 研究对象及原系统基本概况	11
2.1.1 研究对象及主要参数	11
2.1.2 冲床的组成结构及工作原理	13
2.1.3 原系统生产流程及设备布局分析	15
2.2 冲床自动上下料系统的整体要求.....	17
2.3 系统的总体方案设计.....	18
2.3.1 送料机构总体方案设计	18
2.3.2 控制系统总体方案设计	22
2.3.3 系统整体布局	24
第三章 送料机构设计	26
3.1 夹紧机构设计.....	26
3.1.1 同步机构设计 ^[29]	26
3.1.2 夹板设计	31
3.1.3 手爪设计	34
3.2 抬升机构设计 ^[34]	37
3.2.1 抬升机构的组成结构及工作原理	37
3.2.2 抬升机构设计	38

3.3 传送机构设计	45
3.3.1 传送机构组成结构	45
3.3.2 小车架设计	46
3.3.3 导轨设计	48
3.4 气动系统设计	49
3.4.1 设计相关参数分析 ^[38]	49
3.4.2 气缸选型	54
第四章控制系统设计	56
4.1 控制系统硬件设计	56
4.1.1 PLC 概述	56
4.1.2 系统功能分析	58
4.1.3 PLC 及扩展模块选择	59
4.1.4 I/O 端口分配	60
4.2 控制系统软件设计	61
4.2.1 主程序	61
4.2.2 自动循环控制	62
4.2.3 手动控制	65
第五章测试与实验	66
5.1 送料精度测试	67
5.2 抬升机构的性能测试	68
5.3 动作执行时序测试	69
第六章 工作总结与展望	71
6.1 总结	71
6.2 展望	72
参考文献	73
硕士期间发表论文和成果	75

致 谢.....	76
----------	----

厦门大学博士论文摘要库

Contents

Chapter 1 Introduction.....	1
1.1 Present production status of punch press.....	1
1.2 Purpose and Significance of research	2
1.3 Present status of feeding and unloading system	5
1.4 Main research of subject.....	9
Chapter 2 The overall design of automatic feeding and unloading system for punch press	11
2.1 Research objects and Basic overview of original system	11
2.1.1 Research objects and main parameters.....	11
2.1.2 Structure and Operating principle of punch press.....	13
2.1.3 Production process and Equipment layout of original system	15
2.2 Overall requirements of automatic feeding and unloading System.....	17
2.3 Overall design of system	18
2.3.1 Overall design of feeding mechanism	18
2.3.2 Overall design of control system.....	22
2.3.3 Overall layout of system.....	24
Chapter 3 The design of feeding mechanism.....	26
3.1 Clamping mechanism.....	26
3.1.1 Synchronizing mechanism.....	26
3.1.2 Design of clamping plate.....	31
3.1.3 Design of clamping claw	34
3.2 Elevating mechanism	37

3.2.1 Structure and Operating principle of elevating mechanism	37
3.2.2 Design of elevating mechanism.....	38
3.3 Feeding mechanism	45
3.3.1 Structure of feeding mechanism	45
3.3.2 Design of supporting frame	46
3.3.3 Design of slideway	48
3.4 Design of pneumatic system.....	49
3.4.1 Design of relevant parameters	49
3.4.2 Cylinder selection	54
Chapter 4 The design of control system.....	56
4.1 Hardware design of control system.....	56
4.1.1 PLC outline.....	56
4.1.2 Analysis of system functions	58
4.1.3 PLC and expansion module selection.....	59
4.1.4 I/O port assignment	60
4.2 Software design of control system	61
4.2.1 Main program	61
4.2.2 Automatic circulating control	62
4.2.3 Manual control.....	65
Chapter 5 The testing and experiment	66
5.1 Feeding precision testing.....	67
5.2 Performance testing of elevating mechanism.....	68
5.3 Production beat testing	69
Chapter 6 Summary and outlook	71
6.1 Summary	71
6.2 Outlook.....	72

References	73
Published papers during master.....	75
Thanks.....	76

厦门大学博硕士论文摘要库

第一章 绪论

1.1 热锻生产现状

冲床是一种利用设备上的模具对坯料施加压力,使之发生塑性变形或分离的机械设备。冲床^[1]的生产工艺按成型方式可以分为锻造和冲压两大类;其中热模锻^[2]是冲床加工中所占比较大的一种加工工艺。热模锻工艺是先将坯料加热到一定温度,然后置于模具中,再由冲床的上模具对坯料施加压力,使之发生明显塑性变形,从而获得所需的形状和尺寸的一种成型方法。通过该工艺生产出来的热模锻件具有机械性能好、材料损耗少、生产效率高、产品多样化等特点,这是其他生产加工工艺所无法比拟的。因此热模锻是制造机械产品关键零件和重要零件不可缺少的基本工艺技术,其应用范围涉及汽车、农用机械、工程机械、船舶、航空航天、化工机械和社会生活的各个领域,小到螺栓、螺母、齿轮片,大到核电发电用特大型叶片(460吨)都是由通过热模锻制造的。据不完全统计,全国不少于上万家的锻压企业,拥有热模锻设备近3万台,年生产锻件2000万吨以上,是一个具有近千亿元产值、数十万从业人员的行业^[3]。

虽然我国俨然已经成为世界锻压加工历史最为悠久的大国,但是其自动化水平相对于其他发达国家还是比较落后。目前国内大部分热锻件的生产过程中,工件的上下料和冲床的控制依然还是采用人工操作。

整个上下料的操作过程共需3人配合:主锻工、辅锻工和备料工。备料工负责将工件送入电炉中,使其加热到热锻工艺所需温度。辅锻工从电炉中取出热工件,置于冲床墩台进行粗加工以适合模具外形(初锻)。主锻工一方面通过手工控制离合器以控制冲头往复运动的节奏;另一方面,将粗加工热工件置于模具中并实施冲压,冲压后再手工将成形锻件取出。整个上下料过程均为人工操作,主要工具是“火钳”。

对于每一件锻件的生产,工人只需简单的重复相同的动作,技术要求较低。这样一种人工操作的生产模式给企业和生产人员带来了一系列的问题:

- 1、工人的劳动量较大,且工作环境极其的恶劣。由于锻压需要的成型压力

较大，以生产过程中会产生相当大的噪声，这远远超过了国家规定的工业噪声标准。同时，工件的初锻温度一般在 800°C 以上，高温下的锻件会产生非常强的热辐射，特别是在夏季，实际生产工况十分恶劣。锻件产品的原料主要是碳钢，每个锻件的重量在 $2\sim 10\text{KG}$ ，而锻压工艺又要求连续、不间断生产，使得操作工人负重进行连续重复动作，劳动强度特别大。所有这些对工人的身体健康都产生极大的危害，有研究指出长期从事热锻工作的工人寿命只有 65 岁。

2、人工成本高，招工困难。随着国民生活水平的提高和劳动保护意识的加强，愿意从事这样一种高温、高噪声、高危险、重体力劳动的工人越来越少，这导致了热锻企业普遍存在招工难的现象。随着劳动力的短缺，该工种的工资也是直线上升，这就增加了产品的加工成本，原本利润就低的热模锻企业，现在要生存下去变得越来越困难。

3、生产效率低，无法发挥设备的最大产能。对于成熟的锻压冲床，工人在速度和体能上往往无法跟上设备的生产节拍，这就直接制约了设备最大产能的发挥。就常规锻压冲床，最大生产节拍可控制在 1 秒/冲左右。而主锻工需要使用火钳将初锻的热坯料置于模具中，再控制冲头实施冲压，最后用火钳将成形锻件取出放入料斗中冷却成形。每加工一个锻件，主锻工的操作时间约 3 秒左右。因此，在实际生产过程中，需要将锻压冲床生产节拍调低，以适应人工的上下料速度。

1.2 课题研究的目的和意义

本课题主要研究的内容和目的主要是：结合典型的热锻压生产流程，分析人工上下料系统的瓶颈与节拍，研究瓶颈处提出工艺设备的改进方案，并设计一套自动化的锻压冲床上下料系统。该自动化上下料系统可与锻压冲床的控制节拍相配合，实现锻压生产过程的自动化，从而有效探索出一条提高热锻冲压生产效率、降低工人劳动强度的新途径。

研究热锻冲床自动上下料系统^{[4] [5]}代替人工操作，可有效发挥冲床的最大产能，提高生产效率；而且还可将工人从简单的高强度劳动中解放出来，无疑将给现有的企业带来翻天覆地的变化。

首先，该项目的研究与实施，可提高现有热锻生产效率，克服工人体能的

限制，使锻压冲床运行在最大生产节拍下，彻底释放冲床的最大产能。同时，将工人从高强度的劳动中解放出来，解决目前招工短缺的实际问题，具有比较显著的社会价值。

现有工艺条件上，上下料工人每天最多的工作极限是 10 个小时。每小时最高能够生产锻件 1.5 吨，每分钟生产锻件 20~30 件。人工操作与自动上下料系统生产能力的对比，如表 1-1 所示。

表 1-1 人工操作与自动上下料系统生产能力比较

	人工操作上下料	自动上下料系统
连续劳动时间	10 小时/天；28 天/月	无限制，可 24 小时连续生产，并可根据订单灵活调整
生产节拍	20~30 件/分钟	30~60 件/分钟，与热锻冲床时序关系相匹配
产能	最多 1.5 吨/小时	2~3 吨/小时
人工配置	3 人/台	无

根据表 1-1，我们可以看出采用自动上下料系统不受体能、速度、时间的限制，冲床的生产能力将得到彻底的释放。

其次，该项目不但可提高热锻设备的产能，提高企业的生产效益，而且可有效降低操作的人工成本，并可实现企业峰谷用电的有效调整，直接经济效益亦比较显著。

按照大部分企业的生产情况，整个人工上下料流程最少配置为 3 名操作工人；根据实际调研，目前企业合计需支付给每位工人的工资 200 元/天。而使用自动上下料系统至少可以代替两个操作工人，若按年生产时间 300 天计算，每年可以直接为企业节省 12 万元的人工成本。

由于自动上下料系统可实现连续不间断生产，因此可以提高企业生产的灵活性，调节峰谷用电、降低能耗。具体来说，就是企业可以在电价较低的时间进行生产，以降低生产成本。

下面以本项目所在地的实际情况，对合作企业用电成本进行分析计算。目

前，热锻冲床生产企业普遍使用中频感应电炉^[6]进行坯料的加热。实际调研表明，每加热一吨锻件一般需消耗电量 500kwh。表 1-2 为本项目所在地电网销售电价表。

表 1-2 项目所在地电网销售电价表

	谷时段	平时段	峰时段
电价（元/千瓦时）	0.316	0.624	0.932
时间段	23:00--7:00;	7:00--8:30 11:30--14:30 17:30--19:00 21:00--23:00	8:30--11:30 14:30--17:30 19:00--21:00

目前，大部分热锻企业也从降低电费的角度，并结合工人实际作息时间，设定的生产工作时间为：5:00-10:00 12:00-17:00。经过自动上下料系统改造后，热锻生产可实现连续化和自动化，克服操作工人作息时间的约束，其最优生产时间可设定为：21:00--7:00。则根据表 1-2 中所示电价表关系，可对本项目在节能方面的直接经济效益进行分析。

1、现有模式

$$\begin{aligned} \text{企业平均用电价} &= \frac{5 \times 0.932 + 2 \times 0.316 + 3 \times 0.624}{5 + 2 + 3} \\ &= 0.732 \text{元/千瓦时} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{企业加热每吨坯料电价} &= 500 \text{千瓦时/吨} \times 0.732 \text{元/千瓦时} \\ &= 365.8 \text{元/吨} \end{aligned}$$

2、自动化改造后

$$\begin{aligned} \text{企业平均用电价} &= 0.316 \text{元/千瓦时;} \\ \text{企业加热每吨坯料电价} &= 500 \text{千瓦时/吨} \times 0.316 \text{元/千瓦时} \\ &= 158.0 \text{元/吨} \end{aligned}$$

由上面的分析计算可以看出，相对于现有的生产模式，采用自动上下料系统每吨锻件至少可以节约 200 元/吨的能耗成本。

Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库